Laboratoire 6 :
Oscilloscope II : Mise à la terre
et mesure d'une constante de temps

Objectifs

Les objectifs de cette phase des travaux pratiques sont :

a) de discriminer la mise à la terre de la masse des instruments et des circuits dans les mesures ;

b) de tenir compte justement des mises à la terre (et des masses) des instruments et des circuits dans les mesures ;

c) de prendre des mesures correctes en considérant la masse commune des voies de l'oscilloscope ;

d) d'observer correctement la réponse à l'échelon d'un circuit ;

e) d'estimer correctement la constante de temps d'un circuit de premier ordre.

Préparation

Avant de vous présenter au laboratoire, chaque équipe doit :

a) lire le document "L'oscilloscope—Principe de fonctionnement et mode d'emploi", particulièrement §IV-2;

b) réviser les notes de cours sur l'oscilloscope et les méthodes de mesure de déphasage et de constante de temps;

c) répondre aux questions identifiées par le symbole « *P* » indiqué dans la marge *avant* de vous présenter au laboratoire.

Matériel

La réalisation de ce laboratoire requiert l'utilisation de :

a) oscilloscope ; câbles ; T;

b) générateur de signaux ; multimètre ;

c) plaquette de montage ; fils ;

d) condensateur de 0.1 µF (± 10%, non polarisé, > 10 V) ;

e) résistance de 8.2 kΩ (1/4 W, 5%).

Nota

Il n'est pas demandé de calculer les incertitudes dans ce laboratoire.

Protocole

a) Débranchez l'oscilloscope du réseau de distribution électrique et mettez sous tension le multimètre pour l'utiliser en mode ohmmètre. Mesurez à l'aide de cet ohmmètre la résistance entre la masse du canal 1 de l'oscilloscope et la borne de mise à la terre placée sur sa fiche d'alimentation électrique. Faites ensuite la même opération pour mesurer la résistance entre la masse du canal 2 de l'oscilloscope et la borne de mise à la terre. Choisissez à l'ohmmètre le calibre qui vous procure la meilleure mesure et tenez compte si nécessaire de la résistance des câbles. Qu'en concluez-vous ?

Vérifiez à l'aide de l'ohmmètre que toutes les parties métalliques de l'oscilloscope, accessibles à l'utilisateur, sont bien mises à la terre.

Mesurez à l'aide de l'ohmmètre la résistance entre les masses de chaque voie de l'oscilloscope.

La figure VI-a présente un schéma électrique équivalent simple des bornes d'entrée de l'oscilloscope, en faisant apparaître les liaisons de masses et de la mise à la terre. Complétez ce schéma avec les valeurs des résistances calculées précédemment, R_T et R_M.

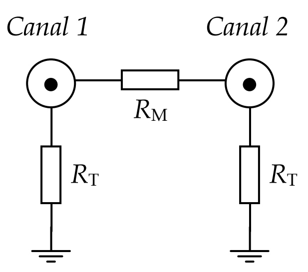


Figure VI–a. Schéma équivalent des liaisons des masses de l'oscilloscope et de sa mise à la terre

b) Considérez *théoriquement* le circuit illustré à la figure VI–b *(ce circuit n'a pas à être monté)*.

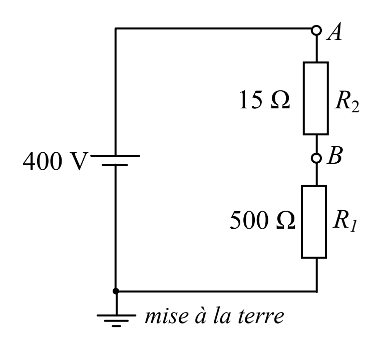


Figure VI–b. Circuit résistif avec mise à la terre

Calculez la valeur de la tension aux bornes de la résistance R_2 et la valeur du courant circulant dans le circuit de la figure VI–b.

$\mathcal{P} \Rightarrow$ On souhaite rajouter un oscilloscope *à 1 seule voie* pour mesurer directement la tension aux bornes de la résistance R_2. Considérez les 2 branchements possibles de l'oscilloscope, en connectant la masse au point A et, respectivement, au point B. Pour les 2 modes de

branchement possibles, refaites le schéma du circuit de la figure VI–b en faisant apparaître la résistance R_T entre la masse de l'oscilloscope et la terre.

Établir ensuite l'équation du courant circulant par la résistance de mise à la terre de l'oscilloscope, R_T, pour chaque branchement.

c) En utilisant les équations déterminées à l'étape b) et la valeur de la résistance R_T déterminée à l'étape a), calculez les courants circulant par la résistance de mise à la terre de l'oscilloscope R_T, dans le cas du circuit de la figure VI–b. Que concluez-vous sur ces résultats ? Y a-t-il des risques pour l'utilisateur ou pour l'appareil ? Justifiez votre réponse. Est-il souhaitable d'augmenter la résistance de la mise à la terre ou encore de rajouter un fusible sur la mise à la terre ? Justifiez votre réponse.

d) Certains modèles de générateur de signaux de la salle de laboratoire ont une masse flottante par rapport à la terre. Précisez dans votre rapport la marque et le modèle de générateur que vous utilisez. Débranchez le générateur de signaux du réseau de distribution électrique. Mesurez à l'aide de l'ohmmètre la résistance entre la masse de la sortie du générateur et la borne de mise à la terre placée sur sa fiche d'alimentation électrique. Qu'en concluez-vous ?

e) **Précautions pour la mesure simultanée de plusieurs signaux à l'oscilloscope:**

Réalisez le montage de la figure VI-c en utilisant un condensateur non polarisé, pouvant supporter une tension supérieure à 10 V. Branchez le générateur de signaux et une voie de l'oscilloscope pour mesurer l'amplitude et la composante continue du signal généré. Réglez le générateur afin de produire un signal sinusoïdal d'amplitude crête à crête de 6 V sans composante continue, à une fréquence de 50 Hz. Ces valeurs sont celles qui doivent être mesurées sur l'oscilloscope et non pas celles qui sont affichées par le générateur. Sauvegardez une image d'écran à l'aide de la touche PRINT pour illustrer votre rapport.

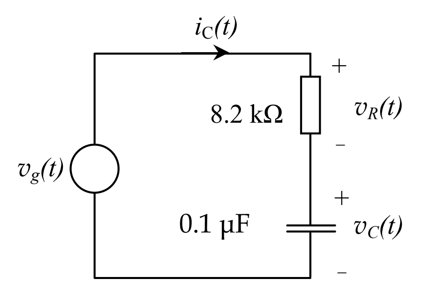


Figure VI–c. Montage d'un circuit RC.

On souhaite visualiser à l'oscilloscope la tension $v_C(t)$ aux bornes du condensateur et le courant qui le traverse (en appliquant une convention de type récepteur). Pour observer l'allure du courant, il suffit de relever la tension $v_R(t)$ aux bornes de la résistance puisqu'elle est directement proportionnelle au courant qui la traverse. Ce dernier est le même que $i_C(t)$ puisque les composants sont connectés en série.

<u>Avant de poursuivre l'expérience:</u> *Lire entièrement les deux protocoles expérimentaux décrits dans les étapes i) et ii) et déterminer celui qui vous semble le plus adéquat pour faire les observations demandées, avec vos équipements de laboratoire. Vous ferez des mesures simplement à l'étape iii).*

i) Lorsque la masse du générateur est flottante *(par rapport à la terre)*, une première approche pour effectuer cette observation consiste à connecter les deux voies de l'oscilloscope de la manière montrée à la figure VI–d. Cette méthode permet la visualisation simultanée des 2 signaux avec l'oscilloscope.

En réglant correctement les calibres du gain de chaque voie et celui de la base de temps, on observe sur la voie 1, l'allure de la tension $v_R(t)$ et sur la voie 2, l'allure de la tension $-v_C(t)$. Pour respecter la convention récepteur, il est nécessaire d'inverser le signal de la voie 2 (fonction inverser dans le menu de CH2) afin de visualiser l'allure de $v_C(t)$.

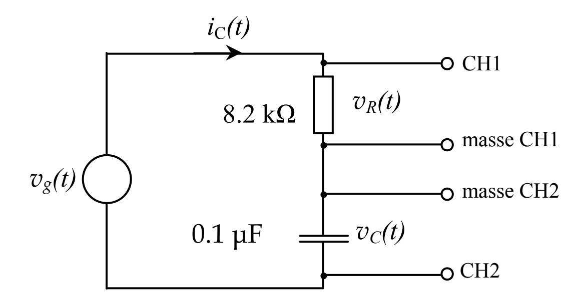


Figure VI–d. Montage d'un circuit RC pour une mesure des signaux $v_C(t)$ et $v_R(t)$ avec l'oscilloscope si le générateur a une masse flottante

L'allure du courant $i_C(t)$ correspond à celle de la tension $v_R(t)$:

$$i_C(t) = \frac{v_R(t)}{R},$$

ce qui est compatible avec la convention choisie.

Que se passerait-il si la masse du générateur était mise à la terre ? Est-ce que cette méthode de mesure est encore valable ?

ii) Une deuxième solution pour observer les signaux $v_C(t)$ et $i_C(t)$ consiste à relier les masses de l'oscilloscope à la masse du générateur, comme illustrée à la figure VI–e. La voie 1 de l'oscilloscope mesure la tension délivrée par la source, $v_g(t)$. La voie 2 mesure la tension $v_C(t)$ aux bornes du condensateur.

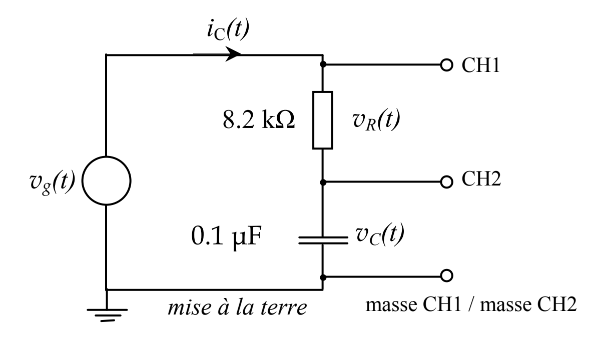


Figure VI–e. Montage d'un circuit RC pour une mesure des signaux $v_C(t)$ et $v_R(t)$ avec l'oscilloscope si le générateur a une masse non flottante

Pour observer l'allure du courant $i_C(t)$, il faut utiliser les fonctions mathématiques de l'oscilloscope. On peut ensuite recomposer le signal $v_R(t)$ à partir de $v_g(t)$ et de $v_C(t)$ en utilisant les fonctions mathématiques (MATH MENU) de l'oscilloscope.

$$i_c(t) = \frac{v_R(t)}{R} = \frac{v_g(t) - v_c(t)}{R}$$

iii) Exécuter les deux protocoles décrits aux étapes i) et ii) même si la masse du générateur n'est pas flottante pour en tirer les conclusions qui s'imposent.

Mesurez les valeurs crêtes de la tension aux bornes du condensateur, $v_C(t)$, et de la tension aux bornes de la résistance, $v_R(t)$ en utilisant les curseurs ou les fonctions de mesure. Calculez la valeur crête du courant, $i_C(t)$. Sauvegardez une image d'écran à l'aide de la touche PRINT pour illustrer votre rapport. Préciser clairement les échelles, notamment pour la forme du courant $i_C(t)$.

Mesurez le déphasage (en degrés) entre $v_C(t)$ et $i_C(t)$. Précisez le signal qui est en avance de phase par rapport à l'autre.

Que se passerait-il si on avait fait l'opération inverse : $v_c(t) - v_R(t)$? Quelle serait la valeur du déphasage entre les signaux à l'écran de l'oscilloscope? En déduire le déphasage (en degrés) entre $v_C(t)$ et $i_C(t)$.

f) **Réponse à un échelon de tension**. Dans le cas du circuit RC de la figure VI-c, on considère maintenant que la tension $v_g(t)$ appliquée à l'entrée est un échelon de 6 V. La tension initiale aux bornes du condensateur est nulle. Sachant que la relation courant-tension d'un condensateur est :

$$i_C(t) = C\frac{dv_C(t)}{dt}$$

$\mathcal{P} \Rightarrow$ Démontrez que l'équation différentielle qui relie la tension aux bornes du condensateur, $v_C(t)$, à la tension $v_g(t)$, est

$$RC\frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = v_g(t)$$

À partir de cette équation, démontrez que la tension aux bornes du condensateur est

$$v_C(t) = 6 \cdot (1 - e^{-t/RC})$$

Quelle est alors l'équation du courant $i_C(t)$?

Tracez sur ordinateur, les formes d'ondes temporelles des signaux $v_C(t)$ et $i_C(t)$.

g) Refaire le montage de la figure VI-c et brancher le générateur de signaux et une voie de l'oscilloscope pour mesurer l'amplitude et la composante continue du signal généré. Réglez le générateur afin de produire un signal carré d'amplitude crête à crête de 6 V, avec une composante continue de +3 V, à une fréquence de 50 Hz. Dans ce cas, il produit une onde carrée dont le niveau minimal est 0 V et le niveau maximal est +6 V. Ces valeurs sont celles qui doivent être mesurées sur l'oscilloscope et non pas celles qui sont

affichées par le générateur. Sauvegardez une image d'écran à l'aide de la touche PRINT pour illustrer votre rapport.

h) Utiliser le protocole décrit à l'étape §e-ii). Mesurez les valeurs crêtes de la tension aux bornes du condensateur, $v_C(t)$, et de la tension aux bornes de la résistance, $v_R(t)$ en utilisant les curseurs ou les fonctions de mesure. Calculez la valeur crête du courant, $i_C(t)$. Sauvegardez une image d'écran à l'aide de la touche PRINT pour illustrer votre rapport. Préciser clairement les échelles, notamment pour la forme du courant $i_C(t)$.

i) Comparez les formes d'ondes calculées à l'étape f) et celles que vous avez observées à l'oscilloscope à l'étape h).

j) **Mesure de la constante de temps**. L'excitation en onde carrée est équivalente à un essai en échelon lorsque la période est beaucoup plus grande que la constante de temps du circuit. Mesurez la constante de temps du circuit *RC* étudié, $\tau = R \cdot C$. Vous pouvez l'estimer à partir du temps requis pour atteindre 63.2% de la valeur finale ou encore en utilisant la pente à l'origine. La mesure peut être réalisée soit sur le front montant, soit sur le front descendant du signal, soit les deux à la fois. Afin d'avoir une mesure précise de τ, vous pouvez modifier la fréquence du générateur, l'échelle de la base de temps, utiliser les options d'amplification de la base de temps ou encore déplacer verticalement la trace. Utilisez les curseurs et faites une sauvegarde d'une image d'écran à l'aide de la touche PRINT pour illustrer votre rapport.

   À partir de τ, déduisez la valeur de la capacité *C* (après avoir mesuré *R*). Comparez cette valeur de *C* avec sa valeur nominale, en tenant compte de sa tolérance.

k) Augmentez la fréquence du générateur pour obtenir une période approximativement égale au tiers de la constante de temps ($Tg \approx \tau / 3$). Observez la forme du signal aux bornes du condensateur. Vérifiez que l'évolution du signal obtenu approche un signal triangulaire. faites une sauvegarde d'une image d'écran à l'aide de la touche PRINT pour illustrer votre rapport.

   Calculez la pente du signal triangulaire. Comparez cette pente à Vg / τ. Devrait-il y avoir une relation entre cette pente et Vg / τ *(vous pouvez augmenter la fréquence pour compléter votre analyse)*? Commentez votre résultat.

* * *

Laboratoire 6 :
Oscilloscope II : Mise à la terre et mesure d'une constante de temps

Équipiers:

Nom: ______________________________ Matricule: ___________________

Nom: ______________________________ Matricule: ___________________

Appréciation:

Préparation (+§b-f) : /2

Sections a, c et d : /1.5

Section e : /3

Sections g, h et i : /1.5

Sections j et k : /2

Pénalités :

Attitude au laboratoire (*respect des règles de sécurité*) :

Qualité de la présentation (préparation et rapport final) :

Ponctualité ; Présence au laboratoire :

Remise de la préparation :

Remise du rapport final :

Total : _________ /10 Signature du dépanneur : _______________________

Commentaires: